

Specification

フェルール把持装置及び半導体レーザモジュールの製造方法

Background of the Invention

本発明は、半導体レーザ素子等の光部品と光結合されるフェルール付き光ファイバの光軸調整を行う際に、前記フェルールを把持するフェルール把持装置及び半導体レーザモジュールの製造方法に関する。

一般に、発光素子、受光素子、レンズやプリズム等の光部品とフェルール付き光ファイバとを光結合する際には、フェルール付き光ファイバを移動させて光軸合わせを行う。例えば、発光素子としての半導体レーザ素子から出射されるレーザ光をレンズで集光してフェルール付き光ファイバに入射する半導体レーザモジュールにおいては、半導体レーザモジュールとフェルール付き光ファイバとをYAGレーザ溶接する場合、光軸に垂直な平面（厳密には、半導体レーザモジュールの端面に平行な平面：XY平面）と、光軸方向（XY平面に垂直な方向；Z軸方向）の合計3軸の光軸を合わせることが必要である。

また、より高い光結合効率を得るために、半導体レーザ素子から出射されるレーザ光をレンズで集光せずに、ファイバ先端がレンズ加工されたフェルール付き光ファイバと直接光結合する方式の半導体レーザモジュールが知られている。

Summary of the Invention

本発明の第1のフェルール把持装置は、光部品と光結合されるフェルール付き光ファイバの光軸調整を行う際に、前記フェルールを把持するフェルール把持装置において、前記フェルールの側面をフェルール長手方向に短い接触長さあるいは点接触で挟持する一対の挟持部材を有することを特徴とするものである。

本発明の第2のフェルール把持装置は、光部品と光結合されるフェルール付き光ファイバの光軸調整を行うために前記フェルールを挟持する一対の挟持部材を備えたフェルール把持装置において、前記一対の挟持部材は、前記フェルールの軸線に沿って挟持溝がそれぞれ形成されていることを特徴とするものである。

本発明の第1の半導体レーザモジュールの製造方法は、半導体レーザ素子と、その半導体レー

ザ素子から出射されたレーザ光を入射するフェルール付き光ファイバとを備えた半導体レーザモジュールの製造方法において、前記フェルールの側面をフェルール長手方向に短い接触長さ又は点接触で挟持して、前記フェルール付き光ファイバの光軸調整を行う工程を有することを特徴とするものである。

本発明の第2の半導体レーザモジュールの製造方法は、半導体レーザ素子と、その半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を入射するフェルール付き光ファイバとを備えた半導体レーザモジュールの製造方法において、前記フェルールの側面をフェルール長手方向に長い接触長さ又は短い接触長さあるいは点接触で2箇所以上で挟持して、前記フェルール付き光ファイバの光軸調整を行う第1の工程と、前記フェルールの側面をフェルール長手方向に短い接触長さあるいは点接触で挟持して、前記フェルール付き光ファイバの光軸調整を行う第2の工程とを有することを特徴とするものである。

本発明の第3の半導体レーザモジュールの製造方法は、フェルール把持装置の一対の挟持部材に形成された挟持溝で前記フェルールの側面を挟持して、前記フェルール付き光ファイバの光軸調整を行う工程を有することを特徴とするものである。

本発明の第4の半導体レーザモジュールの製造方法は、ベースに半導体レーザ素子を固定する工程と、パッケージ内に冷却装置を固定する工程と、前記冷却装置上に前記ベースを固定する工程と、前記パッケージの側部に形成された貫通孔を介してフェルール付き光ファイバをパッケージ内に導入する工程と、前記記載された方法により、前記フェルール付き光ファイバを光軸調整して、前記ベースに固定する工程と、前記パッケージの貫通孔において、前記フェルール付き光ファイバと貫通孔、つまりパッケージとを固定する工程と、前記パッケージに蓋を付けて前記パッケージ内を気密封止する工程とを有してもよい。

Brief Description of the Drawings

図1は、本発明の第1実施形態例に係るフェルール把持装置を示し、(A)は側面図、(B)は平面図である。

図2は、本発明の第1実施形態例に係るフェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材を示し、(A)はその斜視図、(B)はフェルールを挟持する前の状態を示す正面図、(C)はフェルールを挟持した状態を示す正面図、(D)は一対の挟持部材の変形例を示す平面図である。

図3 (A)～(D)は本発明の第1実施形態例に係るフェルール把持装置を用いてフェルール

付き光ファイバを光軸調整する方法を説明するための説明図である。

図 4 (A) 及び (B) は、フェルールの側面と本体の内側面が接触している状態を示す平面断面図である。

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態例に係る一対の挟持部材を示し、(A) 及び (B) はフェルールの側面を挟持している状態を示す平面断面図、(C) 及び (D) は挟持部材の変形例を示す平面断面図である。

図 6 は本発明の第 3 の実施形態例に係るフェルール把持装置を示し、(A) は第 1 の挟持部材を示す斜視図、(B) は第 2 の挟持部材を示す正面図、(C) は第 2 の挟持部材によってフェルールを挟持している状態を示す正面図、(D) は第 2 の挟持部材によってフェルールを挟持している状態を示す平面図である。

図 7 は、本発明の第 4 の実施形態例のフェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材を示し、(A) はその斜視図、(B) はフェルールを挟持した状態を示す正面図である。

図 8 (A) ~ (D) は本発明の第 4 実施形態例に係る半導体レーザモジュールの製造方法を説明するための説明図である。

図 9 は、本発明の第 5 の実施形態例に係るフェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材を示す斜視図である。

図 10 は、本発明の第 6 の実施形態例のフェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材を示し、(A) はその斜視図、(B) はその正面図、(C) は一対の挟持部材を閉じてフェルールの側面を揺動不可状態に挟持している状態を示す正面図、(D) は一対の挟持部材の間の間隔を所定長さに開けてフェルールの側面を揺動可能状態に挟持している状態を示す正面図である。

図 11 (A) ~ (D) は、本発明の第 1 実施形態例に係るフェルール把持装置 2 9 を用いてフェルール 2 付き光ファイバ 3 を光軸調整する方法を説明するための説明図である。

図 12 は、本発明の第 7 の実施形態例に係るフェルール把持装置を示す正面図であり、(A) は、一対の挟持部材を閉じてフェルールの側面を揺動不可状態に挟持している状態を示す正面図、(B) は一対の挟持部材の間の間隔を所定長さに開けてフェルールの側面を揺動可能状態に挟持している状態を示す正面図である。

図 13 (A) ~ (D) は挟持部材の変形例を示す正面図である。

図 14 は、本発明の第 8 の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの製造方法を説明するための説明図である。

図15は、従来のフェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材を示し、(A)はその斜視図、(B)はフェルールを挟持した状態を示す正面図である。

図16は、従来技術の課題を説明するための説明図である。

Detailed Description

以下、本発明の実施の形態を従来技術を比較して、図面を参照しながら説明する。

図15は、ファイバ先端がレンズ加工されたフェルール付き光ファイバを用いた半導体レーザモジュールを模式的に示し、(A)は側面図、(B)は平面図である。図15に示すように、半導体レーザモジュールMは、レーザ光を出射する半導体レーザ素子1と、半導体レーザ素子1の前側(図15では右側)端面から出射されたレーザ光が入射されるフェルール2付き光ファイバ3と、半導体レーザ素子1の後側(図15では左側)端面から出射されたレーザ光が入射されるフォトダイオード4と、半導体レーザ素子1を取り付けるLDキャリア5と、フォトダイオード4を取り付けるPDキャリア6と、LDキャリア5、PDキャリア6及びフェルール2付き光ファイバ3を載置するベース7とを有する。

光ファイバ3の半導体レーザ素子1側の端面には例えば楔形等に加工されたレンズ部3aが設けられている。

フェルール2の側面は、半導体レーザ素子1側から順に一対又は一体の第1の固定部品8及び一対又は一体の第2の固定部品9により挟持された状態でYAGレーザ溶接で固定される。第1の固定部品8及び第2の固定部品9はベース7上にYAGレーザ溶接で固定される。

半導体レーザ素子1の前側端面から出射されたレーザ光は、フェルール2付き光ファイバ3のレンズ部3aを介して入射され、外部に送出される。

半導体レーザ素子1の後側端面から出射されたモニタ用のレーザ光は、フォトダイオード4により受光され、この受光量等に応じて半導体レーザ素子1の光出力などが調整される。

従来の半導体レーザモジュールMの製造方法では、フェルール2付き光ファイバ3を光軸調整する工程において、フェルール2を把持するフェルール把持装置10が用いられる。

フェルール把持装置10は、フェルール2の側面を挟持する一対の挟持部材11と、一対の挟持部材11を開閉する開閉部材12とを有する。開閉部材12は、例えばエアシリング装置を用いて、ロッドを伸縮することにより一対の挟持部材11を開閉する。

従来のフェルール把持装置10を用いた光軸調整方法は次の順序で行なわれる。

(1) 第1の固定部品8をフェルール2に沿わせるように配置し、フェルール2と第1の固定部品8との隙間を確保しつつ、フェルール2のXYZ軸方向の光軸合わせを行った後、第1の固定部品8をベース7上にYAGレーザ溶接で固定する。

(2) 再度フェルール2をXYZ軸方向に移動させ、半導体レーザ素子1と光ファイバ3の光

軸合わせを行った後、フェルール2の側面と第1の固定部品8とをYAGレーザ溶接で固定する。

(3) 第2の固定部品9をフェルール2に沿わせるように配置し、フェルール2のXY軸方向の光軸合わせを行った後、第2の固定部品9をベース7上にYAGレーザ溶接で固定する。

(4) フェルール2をY軸方向又はXY軸方向に移動させ、第1の固定部品8とフェルール2のYAGレーザ溶接部分を支点として、フェルール2をてこ移動させることにより、半導体レーザ素子1と光ファイバ3との光軸合わせを行った後、フェルール2の側面と第2の固定部品9とをYAGレーザ溶接で固定する。従来のフェルール把持装置10を用いた光軸調整方法において、前記(3)及び(4)の工程におけるフェルール2のXY軸方向の光軸合わせは、第1の固定部品8とフェルール2の側面とが固定されてなるYAG溶接部分を支点としたフェルール2のてこ移動で行う。このときフェルール2を上下左右に動かしたときに、図16に示すように、挟持部材11の挟持溝11bの端部と、斜めになったフェルール2の側部とが干渉するため、フェルール2の上下左右への移動が制限される。無理にフェルール2を動かそうとすると、第1の固定部品8とフェルール2を固定するYAGレーザの溶接スポットb1、b2に余分な負荷がかかり、YAGレーザ溶接スポットにひび割れが発生する等により、半導体レーザモジュールの信頼性が低くなってしまう。

本発明の実施形態例は上記課題を解決するためになされたものであり、固定部品やフェルールに余分な負荷がかかるのを防止でき、かつフェルールを適切な位置あるいは適度の挟持力で挟持した状態で光軸調整を行うことができるフェルール把持装置及び半導体レーザモジュールの製造方法を提供することを目的とする。

本発明の実施形態例は又、固定部品やフェルールに余分な負荷がかかるのを防止でき、かつ光軸合わせに要する時間を短縮化することができるフェルール把持装置及び半導体レーザモジュールの製造方法を提供することを目的とする。

(第1の実施形態例)

図1は本発明の第1実施形態例に係るフェルール把持装置を示し、(A)は側面図、(B)は平面図である。なお、従来と同一の部分は、同一の符号を付して説明を省略する。

図1に示すように、半導体レーザモジュールMは、半導体レーザ素子1と、フェルール2付き光ファイバ3と、フォトダイオード4と、LDキャリア5と、PDキャリア6と、ベース7とを有する。ベース7は半導体レーザ素子1からの発熱を冷却するための冷却装置13上に載置される。

本発明の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの製造方法では、フェルール2付き光ファイバ3を光軸調整する工程において、フェルール2を把持するフェルール把持装置15が用いられる。

フェルール把持装置15は、一対の挟持部材16と、一対の挟持部材16をエアシリング駆動によって開閉する開閉部材12とを有する。フェルール把持装置15は、上部に敷設されたレール18aに沿ってZ軸方向に移動することができる。

図2は本発明の第1の実施形態例のフェルール把持装置15に用いられる一対の挟持部材16を示し、(A)はその斜視図、(B)はフェルール2を挟持する前の状態を示す正面図、(C)はフェルール2を挟持した状態を示す正面図である。

図2に示すように、本発明の第1の実施形態例のフェルール把持装置15に用いられる一対の挟持部材16は、FeやAlあるいはステンレスやその他の合金等の材質で作られた本体16aからなり、フェルール2の側面をフェルール2長手方向に長い接触長さ(例えば約2mm)で挟持する第1の挟持部17と、フェルール2の側面をフェルール2長手方向に短い接触長さ(例えば約0.5mm)又は点接触で挟持する第2の挟持部18とが一体に形成されている。ここで、短い接触長さは、0.001mm以上1mm未満であるのが好ましい。0.001mm以上としたのは、0.001mm未満であると製作が困難だからである。

第1の挟持部17と第2の挟持部18は、本体16aの内側面にモジュール長手方向Zに沿って形成された断面V字形状の溝であるが、第1の挟持部17が長手方向Zにある程度幅を持った平面溝であるのに対し、第2の挟持部18は長手方向Zにほとんど幅を持たないナイフエッジ状の溝である。

図3(A)～(D)は、本発明の第1実施形態例に係るフェルール把持装置15を用いてフェルール2付き光ファイバ3を光軸調整する方法を説明するための説明図、図4(A)及び(B)は、フェルール2の側面と本体16aの内側面が接触している状態を示す平面断面図である。

まず、半導体レーザ素子1を取り付けたLDキャリア5及びフォトダイオード4を取り付けたPDキャリア6をベース7上に半田付けして固定する。

次いで、フェルール把持装置15の一対の挟持部材16における第1の挟持部17によってフェルール2の側面を挟持する(図4(A)参照)。第1の固定部品8をフェルール2に合わせるように配置し、必要に応じてフェルール2と第2の固定部品8を隙間を確保した後、フェルール2のXYZ軸方向の光軸合わせを行った後、第1の固定部品8をベース7上にYAGレーザ溶接で

固定する（図3（A）の溶接スポットa1～a8参照）。

次いで、上と同じ状態でフェルール2のXYZ軸方向の光軸合わせを再度行った後、フェルール2前方（半導体レーザ素子1に近い側）の側面と第1の固定部品8とをYAGレーザ溶接で固定する（図3（B）の溶接スポットb1、b2参照）。

次いで、開閉部材12によってフェルール2が動かない程度に一对の挟持部材16を開き、フェルール把持装置15をZ軸方向に沿って後側（図3では右側）に移動させた後、再度一对の挟持部材16を閉じて、第2の挟持部18のみによってフェルール2の側面を挟持する（図4（B）参照）。

その状態で第2の固定部品9をフェルール2に沿わせるように配置させながら、第1の固定部品8とフェルール2の溶接スポットb1、b2を支点として、フェルール2をてこ移動させることにより、フェルール2のXYZ軸方向の光軸合わせを行った後、第2の固定部品9をベース7上にYAGレーザ溶接で固定する（図3（C）の溶接スポットa9～a16参照）。

最後に、第2の挟持部18によってフェルール2の側面を挟持した状態で、フェルール2をY軸方向又はXYZ軸方向に移動させ、第1の固定部品8とフェルール2の溶接スポットb1、b2を支点として、フェルール2をてこ移動させることにより、半導体レーザ素子1と光ファイバ3との光軸合わせを再度行った後、フェルール2の側面と第2の固定部品9とをYAGレーザ溶接で固定する（図3（D）の溶接スポットb3、b4参照）。

本発明の第1の実施形態例によれば、フェルール2を第1の固定部品8に固定した後、フェルール2の側面をフェルール2長手方向に短い接触長さ又は点接触で挟持して光軸調整を行うので、てこ移動の範囲が十分に確保できるとともに、第1の固定部品8とフェルール2のYAG溶接部分に余分な負荷がかかり、溶接スポットb1やb2、あるいはa1～a8のいずれかにひび割れ等の損傷、あるいは変形等が発生するのを防止できる。その結果、製品の信頼性が向上する。

なお、図2（D）に示すように、第2の挟持部18は、上側からみてU字形状に形成されてもよい。挟持部材16の本体の幅Xaよりも先端部の幅Xbの幅を狭くしてもよい。第2の挟持部18でフェルール2を挟持したとき、挟持部材16間の隙間XcがXc≥0の範囲でならXbの幅を狭くしてもよい。

（第2の実施形態例）

図5は本発明の第2の実施形態例に係る一对の挟持部材を示し、（A）及び（B）はフェルールの側面を挟持している状態を示す平面断面図、（C）及び（D）は挟持部材の変形例を示す平面断

面図である。

図5に示すように、本発明の第2の実施形態例に係る一对の挟持部材19はFeやAlあるいはステンレスやその他合金等の材質で作られた本体19aからなり、フェルール2の軸線に対して対称となる挟持溝20が長手方向Zに沿って形成されている。この挟持溝20は、図5(A)及び(B)に示すように、X方向に凸状に湾曲して形成されており、先端及び基端に、それぞれ短い接触長さでフェルール2の側面を挟持する第1及び第2のエッジ部20a、20bが設けられている。

第2の実施形態例に係る一对の挟持部材20によれば、挟持溝20の第1及び第2のエッジ部20a、20bの2箇所によってフェルール2の側面を挟持した状態で(図5(A)参照)、フェルール2前方(半導体レーザ素子1に近い側)の側面と第1の固定部品8とをYAGレーザ溶接で固定する。その後、開閉部材12によってフェルール2が動かない程度に一对の挟持部材190を開き、フェルール把持装置15をZ軸方向に沿って後側に移動させた後、再度一对の挟持部材19を閉じて、第1のエッジ部20aによってフェルール2の側面を挟持することになる(図5(B)参照)。

なお、フェルール2の側面をフェルール2長手方向に短い接触長さあるいは点接触で挟持する箇所は3箇所以上あってもよい。例えば、図5(C)及び(D)に示すように、挟持溝20はX方向に2つの凸状に湾曲して形成されており、先端、基端及び中間部に、それぞれ短い接触長さでフェルール2の側面を挟持する第1～第3のエッジ部20a、20b、20cが設けられている。

この挟持部材19の変形例によれば、挟持溝20の第1～第3のエッジ部20a、20b、20cの3箇所によってフェルール2の側面を挟持した状態で(図5(C)参照)、フェルール2前方(半導体レーザ素子1に近い側)の側面と第1の固定部品8とをYAGレーザ溶接で固定する。その後、開閉部材12によってフェルール2が動かない程度に一对の挟持部材19を開き、フェルール把持装置15をZ軸方向に沿って後側に移動させた後、再度一对の挟持部材19を閉じて、第1のエッジ部20aによってフェルール2の側面を挟持することになる(図5(D)参照)。

(第3の実施形態例)

図6は本発明の第3の実施形態例に係るフェルール把持装置21を示し、(A)は第1の挟持部材22を示す斜視図、(B)は第2の挟持部材23を示す正面図、(C)は第2の挟持部材23によってフェルール2を挟持している状態を示す正面図、(D)は第2の挟持部材23によってフェ

ルール 2 を挟持している状態を示す平面図である。

図 6 に示すように、第 3 の実施形態例に係るフェルール把持装置 2 1 は、フェルール 2 の側面をフェルール 2 長手方向に長い接触長さ（例えば 1.5 mm）で挟持する一対の第 1 の挟持部材 2 2 と、フェルール 2 の側面をフェルール 2 長手方向に短い接触長さ（0.8 mm）又は点接触で挟持する一対の第 2 の挟持部材 2 3 を有する。

第 1 の挟持部材 2 2 は、F e や A 1 あるいはステンレスやその他合金等の材質で作られた本体 2 2 a からなり、その本体 2 2 a の側面に V 字形状の挟持溝 2 2 b が形成されている。一対の第 1 の挟持部材 2 2 の挟持溝 2 2 b の間にフェルール 2 の側面が挟持される。

第 2 の挟持部材 2 3 は、棒状の部材からなり、所定位置に V 字形状に屈曲した屈曲部 2 3 a が形成されている。一対の第 2 の挟持部材 2 3 の屈曲部 2 3 a の間にフェルール 2 の側面が挟持される。

第 1 の挟持部材 2 2 及び第 2 の挟持部材 2 3 は、開閉部材 1 2 によってそれぞれ独立して開閉することができる。

次に、本発明の第 3 の実施形態例に係るフェルール把持装置 2 1 を用いてフェルール 2 付き光ファイバ 3 を光軸調整する方法を説明する。

まず、半導体レーザ素子 1 を取り付けた LD キャリア 5 及びフォトダイオード 4 を取り付けた PD キャリア 6 をベース 7 上に半田付けして固定する。

次いで、フェルール把持装置 2 1 の一対の第 1 の挟持部材 2 2 における挟持溝 2 2 b によってフェルール 2 の側面を挟持する。その際、第 2 の挟持部材 2 3 の屈曲部 2 3 a によってフェルール 2 の側面を挟持していくてもよい。第 1 の固定部品 8 をフェルール 2 に沿わせるように配置し、必要に応じてフェルール 2 と第 1 の固定部品 8 との隙間を確保したのち、フェルール 2 の XYZ 軸方向の光軸合わせを行った後、第 1 の固定部品 8 をベース 7 上に YAG レーザ溶接で固定する（溶接スポット a 1 ~ a 8）。

次いで、上と同じ状態でフェルール 2 の XYZ 軸方向の光軸合わせを再度行った後、フェルール 2 前方（半導体レーザ素子 1 に近い側）の側面と第 1 の固定部品 8 とを YAG レーザ溶接で固定する（溶接スポット b 1, b 2）。

次いで、開閉部材 1 2 によって第 1 の挟持部材 2 2 を開き、第 2 の挟持部材 2 3 の屈曲部 2 3 a によってフェルール 2 の側面を挟持する。

その状態で第 2 の固定部品 9 をフェルール 2 に沿わせるように配置させてから、第 1 の固定部

品 8 とフェルール 2 の YAG レーザの溶接スポット b 1, b 2 を支点としてフェルール 2 をてこ移動させることにより、フェルール 2 の X Y 軸方向の光軸合わせを行った後、第 2 の固定部品 9 をベース 7 上に YAG レーザ溶接で固定する（溶接スポット b 9 ～ b 16）。

最後に、フェルール 2 を Y 軸方向又は X Y 軸方向に移動させ、第 1 の固定部品 8 とフェルール 2 の YAG レーザの溶接スポット b 1, b 2 を支点として、フェルール 2 をてこ移動させることにより、半導体レーザ素子 1 と光ファイバ 3 との光軸合わせを再度行った後、フェルール 2 の側面と第 2 の固定部品 9 を YAG レーザ溶接で固定する（溶接スポット b 3, b 4）。

本発明の第 3 の実施形態例によれば、2 つの第 1 の挟持部材 2 2 と第 2 の挟持部材 2 3 を用いて光軸調整を行うので、より確実に光軸合わせを行うことができる。

また、フェルール 2 と第 1 の固定部品 8 とを固定した後、フェルール把持装置 2 1 を後方に移動させる必要がない。

（第 4 の実施形態例）

図 7 は、本発明の第 4 の実施形態例のフェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材 2 4 を示し、（A）はその斜視図、（B）はフェルール 2 を挟持した状態を示す正面図である。

図 7（A）及び（B）に示すように、本発明の第 4 の実施形態例のフェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材 2 4 は F e や A l 、あるいはステンレスやその他合金等の材質で作られた本体 2 4 a からなり、その本体 2 4 a の内側面に長手方向に沿って V 字形状の挟持溝 2 4 b が形成されている。

図 8（A）～（D）は本発明の第 4 実施形態例に係る半導体レーザモジュールの製造方法を説明するための説明図である。第 4 の実施形態例では、図 7 に示す挟持部材 2 4 を備えたフェルール把持装置 2 5 を用いて、フェルール付き光ファイバを光軸調整する点を特徴としている。

まず、半導体レーザ素子 1 を取り付けた LD キャリア 5 及びフォトダイオード 4 を取り付けた P D キャリア 6 をベース 7 上に半田付けして固定する。

次いで、フェルール把持装置 2 5 の一対の第 1 の挟持部材 2 4 における挟持溝 2 4 b によってフェルール 2 の側面を挟持する。第 1 の固定部品 8 をフェルール 2 に沿わせるように配置し、必要に応じてフェルール 2 と第 1 の固定部品 8 との隙間を確保したのち、フェルール 2 の X Y Z 軸方向の光軸合わせを行った後、第 1 の固定部品 8 をベース 7 上に YAG レーザ溶接で固定する（図 8（A）の溶接スポット a 1 ～ a 8 参照）。

次いで、上と同じ状態でフェルール 2 の X Y Z 軸方向の光軸合わせを再度行った後、フェル

ル2前方（半導体レーザ素子1に近い側）の側面と第1の固定部品8とをYAGレーザ溶接で固定する（図8（B）の溶接スポットb1, b2参照）。

次いで、開閉部材12によってフェルール2が動かない程度に一对の挟持部材24を開き、フェルール把持装置25をZ軸方向に沿って後側（図8では右側）に移動させた後、再度一对の挟持部材24を閉じて、挟持溝24bの前側縁部によってフェルール2の側面を挟持する。

その状態で第2の固定部品9をフェルール2に沿わせるように配置させながら、フェルール2のXY軸方向の光軸合わせを行った後、第2の固定部品9をベース7上にYAGレーザ溶接で固定する（図8（C）の溶接スポットa9～a16参照）。

最後に、フェルール2をY軸方向又はXY軸方向に移動させ、第1の固定部品8とフェルール2のYAGレーザの溶接スポットb1, b2を支点として、フェルール2をてこ移動させることにより、半導体レーザ素子1と光ファイバ3との光軸合わせを再度行った後、フェルール2の側面と第2の固定部品9とをYAGレーザ溶接で固定する（図8（D）の溶接スポットb3, b4参照）。

第4の実施形態例によれば、加工の容易な挟持溝24bが形成されている挟持部材24を用いているので、挟持部材の加工費を低減できる。

（第5の実施形態例）

図9は、本発明の第5の実施形態例に係るフェルール把持装置に用いられる一对の挟持部材を示す斜視図である。

第5の実施形態例に係る一对の挟持部材25はFeやAlあるいはステンレスやその他合金等の材質で作られた本体25aからなり、フェルール2の側面をフェルール2長手方向に長い接触長さ（例えば約4mm）で挟持する第1の挟持部26と、フェルール2の側面をフェルール2の長手方向に短い接触長さ（例えば約0.5mm）又は点接触で挟持する第2の挟持部27とが一体に形成されている。第1の挟持部26と第2の挟持部27は、本体25aの内側面にモジュール長手方向Zに沿って形成された断面V字形状の溝であり、第1の挟持部26が長手方向Zにある程度幅を持った平面溝であるのに対し、第2の挟持部27は前側に切り欠き28を形成して長手方向Zにほとんど幅を持たないナイフエッジ状の溝である。

第1の挟持部26と第2の挟持部27は、上下に別々に形成されているという点で、第1の実施形態例に係る挟持部材16と異なる。従って、第1の挟持部26によってフェルール2の側面を挟持した状態で、フェルール2前方（半導体レーザ素子1に近い側）の側面と第1の固定部品

8とをYAGレーザ溶接で固定した後、開閉部材12によってフェルール2が動かない程度に一对の挟持部材25を開き、フェルール把持装置15をY軸方向に沿って上側に移動させた後、再度一对の挟持部材24を閉じて、第2の挟持部27によってフェルール2の側面を挟持することになる。

(第6の実施形態例)

図10は本発明の第6の実施形態例のフェルール把持装置29に用いられる一对の挟持部材30を示し、(A)はその斜視図、(B)はその正面図、(C)は一对の挟持部材30を閉じてフェルール2の側面を揺動不可状態に挟持している状態を示す正面図、(D)は一对の挟持部材30の間の間隔を所定長さに開けてフェルール2の側面を揺動可能状態に挟持している状態を示す正面図である。

図10に示すように、本発明の第1の実施形態例のフェルール把持装置15に用いられる一对の挟持部材30はF_eやA₁あるいはステンレスやその他合金等の材質で作られた本体30aからなり、フェルール2の軸線に対して対称となるV字形状の挟持溝31が長手方向Zに沿って形成されている。2つの挟持溝31、31は、フェルール2の軸線に対して対称の形状に形成されている。

図11(A)～(D)は、本発明の第1実施形態例に係るフェルール把持装置29を用いてフェルール2付き光ファイバ3を光軸調整する方法を説明するための説明図である。

まず、半導体レーザ素子1を取り付けたLDキャリア5及びフォトダイオード4を取り付けたPDキャリア6をベース7上に半田付けして固定する。

次いで、フェルール把持装置29の一对の挟持部材30を閉じて挟持溝31によってフェルール2の側面を揺動不可状態に挟持する(図10(C)参照)。第1の固定部品8をフェルール2に合わせるように配置し、必要に応じてフェルール2と第2の固定部品8との隙間を確保した後、フェルール2のXYZ軸方向の光軸合わせを行った後、第1の固定部品8をベース7上にYAGレーザ溶接で固定する(図11(A)の溶接スポットa1～a8参照)。

次いで、上と同じ状態でフェルール2のXYZ軸方向の光軸合わせを再度行った後、フェルール2前方(半導体レーザ素子1に近い側)の側面と第1の固定部品8とをYAGレーザ溶接で固定する(図11(B)の溶接スポットb1、b2)参照)。

次いで、開閉部材12によってフェルール2が揺動可能状態になるよう一对の挟持部材30を所定長さ(例えば0.2mm)だけ開けてフェルール2の側面を挟持する(図10(D)参照)。

その状態で第2の固定部品9をフェルール2に沿わせるように配置させながら、第1の固定部品8とフェルール2の溶接スポットb1, b2を支点として、フェルール2をてこ移動させることにより、フェルール2のXY軸方向の光軸合わせを行った後、第2の固定部品9をベース7上にYAGレーザ溶接で固定する(図11 (C)の溶接スポットa9~a16参照)。

最後に、フェルール2をY軸方向又はXY軸方向に移動させ、第1の固定部品8とフェルール2の溶接スポットb1, b2を支点として、フェルール2をてこ移動させることにより、半導体レーザ素子1と光ファイバ3との光軸合わせを再度行った後、フェルール2の側面と第2の固定部品9とをYAGレーザ溶接で固定する(図11 (D)の溶接スポットb3, b4参照)。

本発明の第6の実施形態例によれば、フェルール2を第1の固定部品8に固定した後、一対の挟持部材30の間の間隔を所定長さに開けた状態でフェルール2の側面を挟持してフェルール2付き光ファイバ3の光軸調整を行うので、てこ移動の範囲が十分に確保できるとともに、第1の固定部品8とフェルール2のYAG溶接部分に余分な負荷がかかり、溶接スポットb1やb2、あるいはa1~a8のいずれかにひび割れ等の損傷、あるいは変形等が発生するのを防止できる。その結果、製品の信頼性が向上する。

また、フェルール把持装置29に用いられる一対の挟持部材30にそれぞれ形成される2つの挟持溝17, 17が、フェルール2の軸線に対して対称の形状であるので、挟持溝17内のフェルール2の動きが安定し、光軸合わせの時間を短縮化できる。

(第7の実施形態例)

図12は本発明の第7の実施形態例に係るフェルール把持装置を示す正面図であり、(A)は、一対の挟持部材を閉じてフェルールの側面を揺動不可状態に挟持している状態を示す正面図、(B)は一対の挟持部材の間の間隔を所定長さに開けてフェルールの側面を揺動可能状態に挟持している状態を示す正面図である。

図12に示すように、第7の実施形態例では、一方の(図12の例では左側の)挟持部材30に、一対の挟持部材30の間隔を測定するデジタルマイクロメータ等の測定装置32が設けられている。測定装置32は、挟持部材30に形成された貫通孔30bに移動可能に挿入されている。また、測定装置32による測定値は、測定装置32に接続されたモニタ装置33で表示される。

第7の実施形態例によれば、一方の挟持部材30に一対の挟持部材30の間隔を測定する測定装置32が設けられているので、フェルール2の径にばらつきがあっても、測定装置32を用いた監視により常に一定の長さに挟持部材30を開くことができる。なお、測定装置32は、両方

の挟持部材 30、30 に設けられていてもよい。

図 13 (A)～(D) は挟持部材 30 の変形例を示す正面図である。挟持部材 3 溶接スポット b1 や b2、あるいは a1～a8 のいずれかにひび割れ等の損傷、あるいは変形等が発生するのを防止できる。0 に形成される挟持溝 31 は、フェルール 2 の軸線に対して対称となる形状が好ましく、例えば梢円形状の挟持溝 31a (図 13 (A) 参照) や凹形状の挟持溝 31b (図 13 (B) 参照) であってもよい。また、一対の挟持部材 30 は、全体形状が略同一である必要はなく、例えば図 13 (C) に示すように、一方の (図 13 (C) の例では左側の) 挟持部材 30 を幅広に形成してもよい。

なお、図 13 (D) に示すように、挟持部材 30 に形成される挟持溝 31、31a は、フェルール 2 の軸線に対してそれぞれ非対称となる形状であってもよい。

(第 8 の実施形態例)

図 14 は、本発明の第 8 の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの製造方法を説明するための説明図である。

まず、半導体レーザ素子 1 を取り付けた LD キャリア 5 と、フォトダイオード 4 を取り付けた PD キャリア 6 をベース 7 上に半田付けして固定する。

次いで、パッケージ 14 内に冷却装置 13 を半田付けして固定する。

次いで、冷却装置 13 上にベース 7 を半田付けして固定する。

次いで、パッケージ 14 の側部 14a に形成された貫通孔 14b を介してフェルール 2 付き光ファイバ 3 をパッケージ 14 内に導入する。

次いで、前記各実施形態例に説明された方法により、フェルール 2 付き光ファイバ 3 を光軸調整して、ベース 7 にレーザ溶接で固定する。

次いで、パッケージ 14 の貫通孔 14b において、フェルール 2 付き光ファイバ 3 とパッケージ 14 の側部 14a とを接続部材 34 を介して半田付けして固定する。

次いで、パッケージ 14 の上部に蓋 35 をかぶせて、その周縁部を半田付けやレーザ溶接する。パッケージ 14 内は、接続部材 34 及び蓋 35 によって気密封止される。

また、半導体レーザ素子以外の発光素子、受光素子、フェルール付き光ファイバ等の光部品とフェルール付き光ファイバとを光結合する場合にも、本発明を適用することは可能である。

本発明の実施形態例によれば、フェルールを第 1 の固定部品に固定した後、フェルールの側面をフェルール長手方向に短い接触長さ又は点接触で挟持して光軸調整を行うので、てこ移動の範

間が十分に確保できるとともに、第1の固定部品とフェルールのYAG溶接部分に余分な負荷がかかり、溶接スポットb1やb2、あるいはa1～a8のいずれかにひび割れ等の損傷、あるいは変形等が発生するのを防止できる。その結果、製品の信頼性が向上する。

また、フェルールを第1の固定部品に固定した後、一対の挟持部材の間の間隔を所定長さに開けた状態でフェルールの側面を挟持してフェルール付き光ファイバの光軸調整を行う場合には、ここで移動の範囲が十分に確保できるとともに、第1の固定部品とフェルールのYAG溶接部分に余分な負荷がかかり、溶接スポットb1やb2、あるいはa1～a8のいずれかにひび割れ等の損傷、あるいは変形等が発生するのを防止できる。その結果、製品の信頼性が向上する。

また、フェルール把持装置に用いられる一対の挟持部材にそれぞれ形成される2つの挟持溝が、フェルールの軸線に対して対称の形状である場合には、挟持溝内のフェルールの動きが安定し、光軸合わせの時間を短縮化できる。

本発明は、上記実施の形態に限定されることはなく、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲内において、種々の変更が可能である。

例えば、図1に示す第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールMにおいて、例えば冷却装置13を介さず、ベース7を直接載置したり、あるいはLDキャリア5を介さず半導体レーザ素子1がベース7に直接載置するように構成してもよい。また、フェルール2は例えば固定部品8のみで固定してもよい。さらに、フェルールの固定ではYAGレーザ溶接ではなく、樹脂や接着剤等で固定してもよい。